ISSN 1561-5359. Штучний інтелект, 2018, № 2

УДК 004.89:004.9

О.О. Павлова, Т.О. Говорущенко, О.В. Іванов
Хмельницький національний університет, Україна
вул. Інститутська, 11, м. Хмельницький, 29016

ДІЯЛЬНІСТЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АГЕНТА ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ У СПЕЦИФІКАЦІЯХ ВИМОГ ДО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

O.O. Pavlova, T.O. Hovorushchenko, O.V. Ivanov
Khmelnitky National University, Ukraine
11, Institutska st., Khmelnitsky, 29016

THE ACTION OF THE INTELLIGENT AGENT FOR EVALUATING THE INFORMATION IN THE SOFTWARE REQUIREMENTS SPECIFICATIONS

Відомі інтелектуальні агенти на основі онтологічного підходу не розв’язують задачу кількісного оцінювання інформації у специфікації вимог до ПЗ. Тому задачею даного дослідження є розроблення інтелектуального агента на основі онтологічного підходу для оцінювання інформації у специфікаціях вимог до ПЗ. Розроблено метод діяльності інтелектуального агента на основі онтологічного підходу для оцінювання інформації у специфікаціях вимог до ПЗ, на основі якого був розроблений інтелектуальний агент.

Ключові слова: програмне забезпечення (ПЗ), нефункційні характеристики ПЗ, онтологія, інтелектуальний агент на основі онтологічного підходу

The known ontology-based intelligent agents don't solve the task of quantitative evaluating the information in the software requirements specifications (SRS). So, the task of this study is the development of the ontology-based intelligent agent for evaluating the information in the SRS. The method of action of the ontology-based intelligent agent for evaluating the information in the SRS are developed. On the basis of the developed method, the intelligent agent is realized.

Keywords: software, non-functional characteristics of software, ontology, ontology-based intelligent agent

Вступ

Сьогодні людство все частіше покладається на програмне забезпечення (ПЗ) при вирішенні складних задач, стрімко зростає кількість програмних проектів з високою вартістю. Але, як показує статистика [1, 7], частка проблемних програмних проектів (з перевитратами часу, коштів або з недостатнім функціоналом) складає 50% всіх програмних проектів, а частка провальних програмних проектів (які взагалі не завершуються) складає 20% всіх програмних проектів.

Значна кількість помилок вноситься у ПЗ на початкових етапах життєвого циклу. Переважна більшість аварій, пов’язаних із ПЗ, виникли через помилки у специфікації вимог [16]. Тому, перш ніж перейти до розроблення ПЗ за специфікацією вимог, необхідно здійснити виявлення та усунення фактів недостатності інформації щодо майбутнього ПЗ у специфікації. Особливої уваги потребують вимоги, пов’язані з нефункційними характеристиками ПЗ [9].

Постановка проблеми

Тоді *актуальною проблемою* є автоматизований аналіз специфікацій вимог до ПЗ на предмет достатності інформації щодо нефункційних характеристик ПЗ (надійності, функційної придатності, ефективності, сумісності, супроводжуваності, можливості переносу, захищеності, зручності використання – за ISO/IEC TR 19759:2015 [10]).

Актуальність та важливість задачі автоматизованого оцінювання специфікацій вимог до ПЗ обумовлює необхідність розроблення інтелектуального агента на основі онтологічного підходу для оцінювання інформації щодо нефункційних харак-

теристик у специфікаціях вимог до ПЗ, який дозволить частково усунути людину з процесів опрацювання інформації та здобуття знань, уникнути втрат істотної інформації і мінімізувати виникнення помилок на ранніх етапах життєвого циклу. Розроблення такого інтелектуального агента на основі онтологічного підходу є *задачею даного дослідження*.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Онтології надають можливість доступу, розуміння та аналізу інформації інтелектуальними агентами – системами, які використовують під час свого функціонування інформацію, отриману з навколишнього середовища, аналізують її, зіставляючи з уже відомими їм фактами і, на основі результатів аналізу, приймають рішення про подальші дії [19].

Ідеї використання онтологій для галузі інженерії ПЗ присвячено ряд робіт: запропоновано методи та засоби побудови програмних систем на основі онтологічних моделей задач [4]; розроблено підходи трасування вимог до ПЗ на основі зважених онтологій [2, 14, 21]; запропоновано використання доменної онтології для аналізу ПЗ та засобів реінжинірингу [13]; розроблено онтологічну модель для опису та визначення предметних і операційних знань щодо забезпечення якості ПЗ [3]; розроблено онтології та зважені онтології предметної галузі «Інженерія програмного забезпечення» (частини «Якість ПЗ», «Якість ПЗ. Метричний аналіз», «Специфікація вимог до ПЗ») [8].

Розробленню інтелектуальних агентів на основі онтологічного підходу для галузі інженерії ПЗ також присвячено ряд робіт: досліджено застосування онтологій для агентно-орієнтованої програмної інженерії та експериментально підтверджено переваги застосування агентів на основі онтологій для галузі інженерії ПЗ [5]; запропоновано можливість усунення невизначеності у вимогах до ПЗ та покращення спілкування зацікавлених сторін шляхом впровадження інтелектуальних агентів на основі онтологічного підходу [17]; запропоновано розроблення інтелектуального агента для мінімізації семантичної невизначеності, автоматичного отримання основних елементів специфікації та автоматичної побудови діаграми цілей [15]; використано онтологічні агентно-орієнтовані моделі для формалізації первинних вимог до ПЗ з метою зниження витрат [6]; запропоновано завдання-орієнтовану архітектуру на основі агентно-орієнтованої парадигми та онтологічного дизайну для систем підтримки прийняття рішень, яка дозволяє ітеративно переносити функційні вимоги в архітектурні компоненти [20]; надано основу для формального подання та перевірки вимог і забезпечення функційної правильності систем критичного застосування у вигляді інтелектуальних агентів на основі онтологічного підходу [18].

Проведений аналіз відомих інтелектуальних агентів на основі онтологічного підходу показав, що вони не розв'язують задачу автоматизованого оцінювання інформації щодо нефункційних характеристик у специфікаціях вимог до ПЗ. Єдиним на сьогодні рішенням у галузі оцінювання достатності інформації у специфікаціях вимог до ПЗ є роботи [8, 9], в яких запропоновано теоретичні та прикладні засади інформаційної технології оцінювання достатності інформації щодо якості у специфікаціях вимог до ПЗ.

Мета дослідження

Отже, *метою дослідження* є розроблення інтелектуального агента на основі онтологічного підходу для оцінювання інформації щодо нефункційних характеристик у специфікаціях вимог до ПЗ.

Метод діяльності інтелектуального агента на основі онтологічного підходу для оцінювання інформації щодо нефункційних характеристик у специфікаціях вимог до ПЗ

Інтелектуальний агент на основі онтологічного підходу для оцінювання інформації щодо нефункційних характеристик у специфікаціях вимог до ПЗ використовуватиме під час свого функціонування базові онтології нефункційних характеристик

(розроблені у [8, 9]) як відомі йому факти, з якими він зіставлятиме інформацію, отриману зі специфікації вимог до реального ПЗ, представлену у вигляді реальних онтологій, на основі чого оцінюватиме інформацію у специфікації вимог до ПЗ і прийматиме рішення про достатність інформації у специфікації.

Отже, процес оцінювання інформації у специфікації вимог інтелектуальним агентом полягає у:

1) порівнянні реальних онтологій нефункційних характеристик ПЗ з базовими онтологіями нефункційних характеристик з метою виявлення атрибутів, відсутніх у специфікації вимог до ПЗ, за якою реальні онтології були побудовані, а також виявлення підхарактеристик та нефункційних характеристик, які неможливо обчислити на основі наявних атрибутів у реальній специфікації вимог;
2) формуванні висновку про достатність або недостатність інформації у специфікації вимог для визначення кожної нефункційної характеристики ПЗ окремо та для визначення всіх нефункційних характеристик ПЗ разом;
3) розрахунку числових оцінок рівня достатності наявної у специфікації вимог інформації для визначення кожної нефункційної характеристики ПЗ;
4) розрахунку числової оцінки рівня достатності наявної у специфікації вимог інформації для визначення всіх нефункційних характеристик.

Тоді *метод діяльності інтелектуального агента на основі онтологічного підходу для оцінювання інформації щодо нефункційних характеристик у специфікаціях вимог до ПЗ* складається з наступних етапів:

1) формування реальних онтологій нефункційних характеристик ПЗ за специфікацією вимог до реального ПЗ на основі базових онтологій нефункційних характеристик (відбувається шляхом видалення з базових онтологій всіх атрибутів, яких не було виявлено у підрозділі «Атрибути програмної системи» розділу 3 «Специфічні вимоги» специфікації вимог до реального ПЗ; базові онтології містяться у базі знань інтелектуального агента);
2) формування множини відсутніх атрибутів на основі співставлення та порівняння реальних і базових онтологій нефункційних характеристик ПЗ – якщо сформована множина не порожня, то інформації у специфікації недостатньо для обчислення нефункційних характеристик ПЗ; чим більше елементів у зазначеній множині, тим менший рівень достатності інформації у специфікації вимог;
3) аналіз (на основі базових онтологій кожної з нефункційних характеристик ПЗ) впливу кожного елемента множини відсутніх атрибутів на нефункційні характеристики ПЗ та їх підхарактеристики, а також збільшення лічильників відсутніх атрибутів для відповідних підхарактеристик та нефункційних характеристик ПЗ;
4) виявлення нефункційних характеристик та їх підхарактеристик, які неможливо обчислити на основі наявних у специфікації вимог до реального ПЗ атрибутів: якщо лічильники відсутніх атрибутів для всіх підхарактеристик нефункційної характеристики одночасно дорівнюють 0, то у специфікації вимог до ПЗ достатньо інформації для визначення даної нефункційної характеристики, інакше у специфікації вимог до ПЗ недостатньо атрибутів для визначення певної нефункційної характеристики ПЗ (із візуалізацією прогалин у знаннях) та є потреба доповнення цієї специфікації атрибутами, необхідними для обчислення тієї чи іншої характеристики (із зазначенням цих атрибутів);
5) числова оцінка рівня достатності наявної у специфікації вимог інформації для визначення кожної нефункційної характеристики ПЗ:

$$D_j = \frac{(k_j - \sum_{i=1}^{k_j} \frac{qm_i}{qn_i})}{k_j}, \quad (1)$$

де k_j – кількість підхарактеристик j-ї нефункційної характеристики ПЗ ($j = 1..8$, оскільки у стандарті ISO/IEC TR 19759:2015 [10] визначено саме 8 нефункційних характеристик), qm_i – кількість відсутніх у специфікації вимог до реального ПЗ атрибутів для i-ї підхарактеристики j-ї нефункційної характеристики ПЗ, qn_i – кількість необхідних атрибутів для i-ї підхарактеристики j-ї нефункційної характеристики ПЗ (визначається базовими онтологіями для кожної нефункційної характеристики);

6) числова оцінка рівня достатності наявної у специфікації вимог інформації для визначення всіх нефункційних характеристик ПЗ:

$$D = \frac{(k - \sum_{j=1}^{k} \frac{qmc_j}{qnc_j})}{k}, \quad (2)$$

де k – кількість нефункційних характеристик ($k = 8$, оскільки у стандарті ISO/IEC TR 19759:2015 [10] визначено саме 8 нефункційних характеристик ПЗ), qmc_j – кількість відсутніх у специфікації вимог до реального ПЗ атрибутів для j-ї нефункційної характеристики ПЗ, qnc_j – кількість необхідних атрибутів для j-ї нефункційної характеристики ПЗ (визначається базовими онтологіями для кожної нефункційної характеристики ПЗ).

Розроблений метод діяльності інтелектуального агента на основі онтологічного підходу для оцінювання інформації щодо нефункційних характеристик у специфікаціях вимог до ПЗ дає можливість: сформувати висновок про достатність або недостатність інформації у специфікації вимог до реального ПЗ і про необхідність доповнення специфікації атрибутами (із візуалізацією прогалин у знаннях та із зазначенням цих атрибутів); кількісно оцінити рівень достатності інформації у специфікації вимог до реального ПЗ для визначення кожної нефункційної характеристики ПЗ та для визначення всіх нефункційних характеристик ПЗ.

Діяльність розробленого інтелектуального агента на основі онтологічного підходу

На основі розробленого методу діяльності інтелектуального агента на основі онтологічного підходу був реалізований відповідний інтелектуальний агент на основі онтологічного підходу.

Для проведення експерименту використовувалась специфікація вимог до реального ПЗ автоматизованої системи управління виробничими процесами ТОВ «Деймос». Для оцінювання інформації щодо нефункційних характеристик у цій специфікації вимог до ПЗ, розроблений інтелектуальний агент сформував реальні онтології нефункційних характеристик за специфікацією вимог до реального ПЗ автоматизованої системи управління виробничими процесами ТОВ «Деймос», після чого виконав співставлення та порівняння реальних і базових онтологій нефункційних характеристик ПЗ, внаслідок якого було сформовано множини відсутніх атрибутів для кожної нефункційної характеристики:

1) відсутні атрибути для характеристики «Надійність»: Кількість відмов, Кількість тестових випадків, Кількість фіксованих відмов, Щільність відмов відносно до тестових випадків, Кількість спостережуваних несправностей, Кількість функцій, Кількість несправностей, Можливість відновлюваності; отже, розроблений інтелектуальний агент надає висновок, що інформації у специфікації вимог до реального ПЗ автоматизованої системи управління виробничими процесами ТОВ «Деймос» недостатньо для обчислення «Надійності»;
2) відсутні атрибути для характеристики

«Функційна придатність»: Кількість функцій, Функційна адекватність, Кількість елементів даних, Обчислювальна точність; отже, розроблений інтелектуальний агент надає висновок, що інформації у специфікації вимог до реального ПЗ автоматизованої системи управління виробничими процесами ТОВ «Деймос» недостатньо для обчислення «Функційної придатності»;

3) відсутні атрибути для характеристики «Ефективність»: Кількість задач, Кількість оцінок, Кількість відмов, Кількість помилок введення-виведення, Кількість елементів даних, Кількість помилок пам'яті, Максимум використовуваної пам'яті, Розмір бази даних; отже, розроблений інтелектуальний агент надає висновок, що інформації у специфікації вимог до реального ПЗ автоматизованої системи управління виробничими процесами ТОВ «Деймос» недостатньо для обчислення «Ефективності»;
4) відсутні атрибути для характеристики «Сумісність»: Кількість відмов, Кількість функцій, Кількість елементів даних, Кількість форматів даних для обміну, Кількість протоколів інтерфейсу; отже, розроблений інтелектуальний агент надає висновок, що інформації у специфікації вимог до реального ПЗ автоматизованої системи управління виробничими процесами ТОВ «Деймос» недостатньо для обчислення «Сумісності»;
5) відсутні атрибути для характеристики «Супроводжуваність»: Кількість відмов, Кількість фіксованих відмов, Кількість функцій, Кількість модулів, Міцність варіабельності, Можливість заміни компонентів, Кількість елементів даних, Кількість необхідних діагностичних функцій, Кількість тестових випадків, Кількість контрольних точок; отже, розроблений інтелектуальний агент надає висновок, що інформації у специфікації вимог до реального ПЗ автоматизованої системи управління виробничими процесами ТОВ «Деймос» недостатньо для обчислення «Супроводжуваності»;
6) відсутні атрибути для характеристики «Можливість переносу»: Кількість функцій, Кількість елементів даних, Кількість структур даних, Кількість операцій налаштування, Кількість кроків інсталяції; отже, розроблений інтелектуальний агент надає висновок, що інформації у специфікації вимог до реального ПЗ автоматизованої системи управління виробничими процесами ТОВ «Деймос» недостатньо для обчислення «Можливості переносу»;
7) відсутні атрибути для характеристики «Захищеність»: Кількість тестових випадків, Кількість елементів даних, Кількість типів доступу, Кількість елементів даних, які потребують шифрування та розшифрування, Кількість подій, що обробляються за допомогою цифрового підпису, Кількість доступів до системи та даних, що повинні бути записані у системний журнал, Кількість методів перевірки автентичності; отже, розроб-лений інтелектуальний агент надає висновок, що інформації у специфікації вимог до реального ПЗ автоматизованої системи управління виробничими процесами ТОВ «Деймос» недостатньо для обчислення «Захищеності»;
8) відсутні атрибути для характеристики «Зручність використання»: Кількість функцій, Кількість елементів даних введення-виведення, Кількість посібників, Кількість задач, Повнота документації користувача та довідкового фонду, Кількість екранів або форм, Кількість помилок введення-виведення, Кількість елементів інтерфейсу, Кількість легко зрозумілих повідомлень, Загальна кількість перевірених помилкових умов, Загальна кількість некоректних шаблонів операцій, Кількість графічних елементів інтерфейсу, Ступінь ергономічної привабливості, Задоволення потреб користувачів з обмеженими можливостями; отже, розроблений інтелектуальний агент надає висновок, що інформації у специфікації вимог до реального

ПЗ автоматизованої системи управління виробничими процесами ТОВ «Деймос» недостатньо для обчислення «Зручності використання».

Аналіз впливу кожного елемента множин відсутніх атрибутів на нефункційні характеристики ПЗ та їх підхарактеристики, проведений розробленим інтелектуальним агентом на основі базових онтологій нефункційних характеристик, дав можливість обчислити кількості відсутніх атрибутів для підхарактеристик нефункційних характеристик. Крім цього, на основі такого аналізу розроблений інтелектуальний агент сформував висновок, що на основі наявних атрибутів у специфікації вимог до реального ПЗ автоматизованої системи управління виробничими процесами ТОВ «Деймос» неможливо обчислити такі підхарактеристики нефункційних характеристик:

1) підхарактеристики «Надійності»: Зрілість, Наявність, Відмовостійкість, Відновлюваність, тобто недостатньо інформації для визначення всіх 4-х підхарактеристик «Надійності» (згідно зі стандартами ISO 25010:2011 [11] та ISO 25023:2016 [12], які регламентують залежність нефункційних характеристик від підхарактеристик, а також підхарактеристик від атрибутів; саме на основі цих стандартів були розроблені базові онтології нефункційних характеристик, представлені в [8, 9]);
2) підхарактеристики «Функційної придатності»: Функційна повнота, Функційна коректність, Функційна доцільність, тобто недостатньо інформації для визначення всіх 3-х підхарактеристик «Функційної придатності»;
3) підхарактеристики «Ефективності»: Поведінка у часі, Поведінка ресурсів, Ємність, тобто недостатньо інформації для визначення всіх 3-х підхарактеристик «Ефективності»;
4) підхарактеристики «Сумісності»: Співіснування, Взаємодія, тобто недостатньо інформації для визначення обох підхарактеристик «Сумісності»;
5) підхарактеристики «Супроводжуваності»: Модульність, Повторне використання, Аналізованість, Модифікованість, Тестованість, тобто недостатньо інформації для визначення всіх 5-х підхарактеристик «Супроводжуваності»;
6) підхарактеристики «Можливості переносу»: Адаптованість, Можливість інсталяції, Можливість заміни, тобто недостатньо інформації для визначення всіх 3-х підхарактеристик «Можливості переносу»;
7) підхарактеристики «Захищеності»: Конфіденційність, Цілісність, Невідхилюваність, Підзвітність, Ідентичність, тобто недостатньо інформації для визначення всіх 5-х підхарактеристик «Захищеності»;
8) підхарактеристики «Зручності використання»: Розпізнавання доцільності, Можливість вивчення, Керованість, Захист від помилок користувача, Естетичність інтерфейсу користувача, Доступність, тобто недостатньо інформації для визначення всіх 6-х підхарактеристик «Зручності використання».

Отже, розроблений інтелектуальний агент надав висновок, що атрибутів, наявних у специфікації вимог до реального ПЗ автоматизованої системи управління виробничими процесами ТОВ «Деймос», недостатньо для обчислення всіх підхарактеристик та всіх нефункційних характеристик ПЗ. Для забезпечення достатності інформації щодо нефункційних характеристик у специфікації вимог до реального ПЗ автоматизованої системи управління виробничими процесами ТОВ «Деймос» слід виконати доповнення специфікації вищезазначеними відсутніми атрибутами.

Візуалізацію прогалин у знаннях щодо нефункційних характеристик ПЗ, наданих розробленим інтелектуальним агентом, представлено на рис. 1-8, на яких відсутні атрибути, представлені як закреслені, а підхарактеристики, для визначення яких наявних у специфікації атрибутів недостатньо, представлені як окреселні колом у відповідних базових онтологіях.

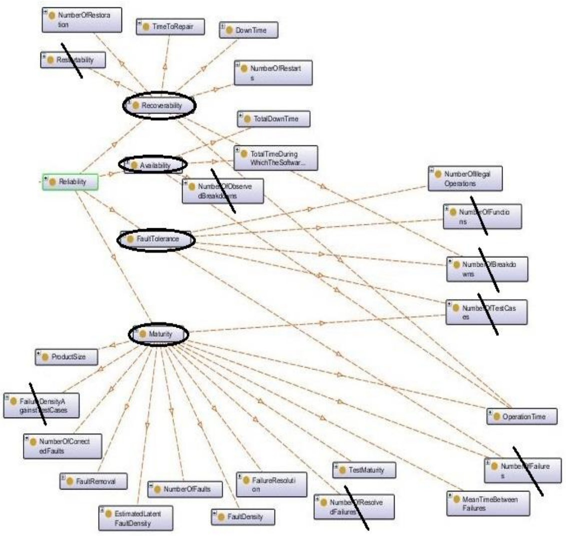


Рис. 1. Візуалізація прогалин у знаннях щодо «Надійності»

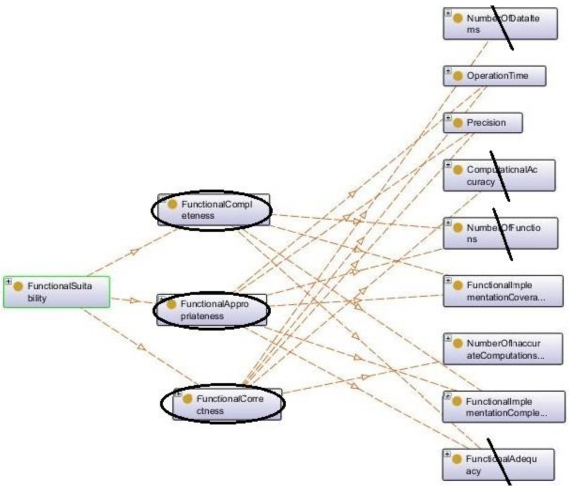


Рис. 2. Візуалізація прогалин у знаннях щодо «Функційної придатності»

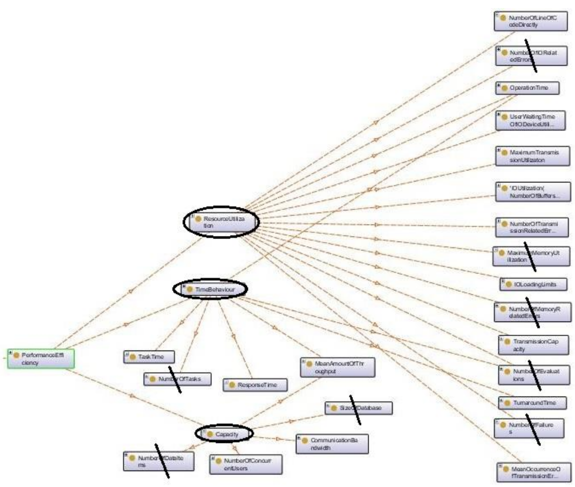


Рис. 3. Візуалізація прогалин у знаннях щодо «Ефективності»

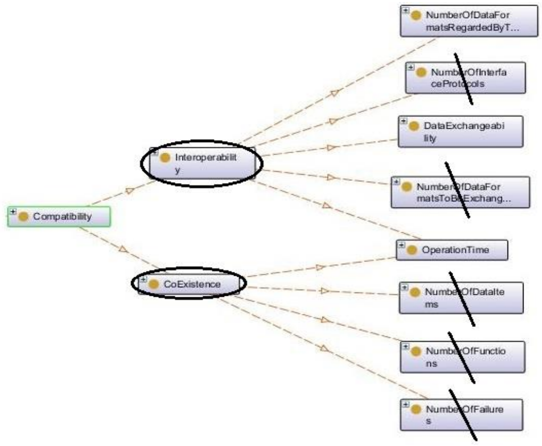


Рис. 4. Візуалізація прогалин у знаннях щодо «Сумісності»

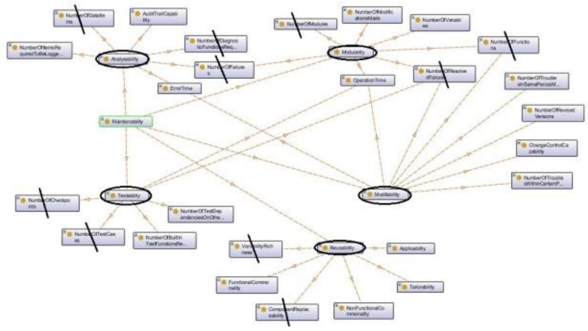


Рис. 5. Візуалізація прогалин у знаннях щодо «Супроводжуваності»

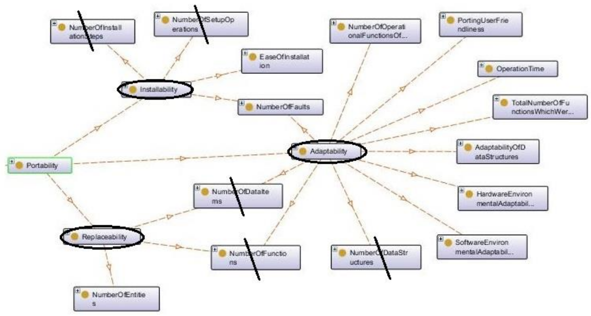


Рис. 6. Візуалізація прогалин у знаннях щодо «Можливості переносу»

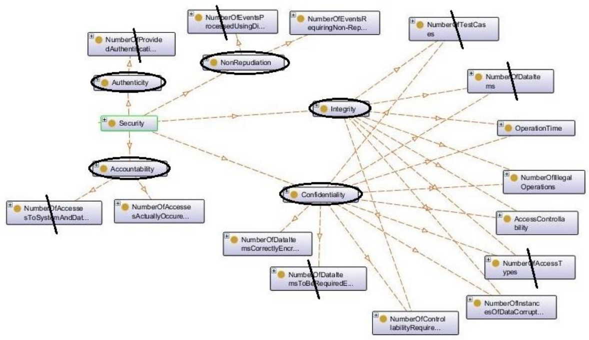


Рис. 7. Візуалізація прогалин у знаннях щодо «Захищеності»

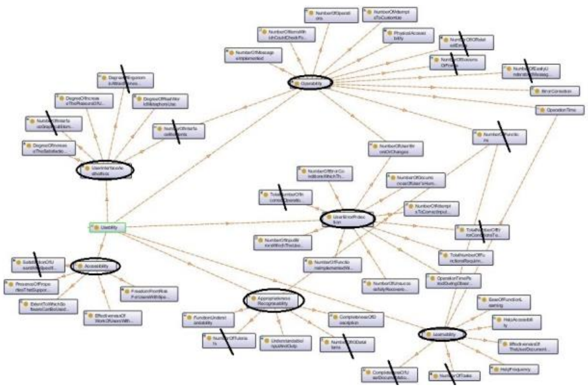


Рис. 8. Візуалізація прогалин у знаннях щодо «Зручності використання»

Числова оцінка рівня достатності наявної у специфікації вимог інформації для визначення нефункційних характеристик становить:

1) для визначення «Надійності»:

$$D_{Rb} = \frac{(4-(\frac{4}{14}+\frac{1}{4}+\frac{4}{5}+\frac{2}{7}))}{4} = 0{,}60$$

2) для визначення «Функційної придатності»:

$$D_{Fs} = \frac{(3-(\frac{2}{4}+\frac{2}{5}+\frac{2}{6}))}{3} = 0{,}59$$

3) для визначення «Ефективності»:

$$D_{Pe} = \frac{(3-(\frac{2}{7}+\frac{5}{14}+\frac{2}{5}))}{3} = 0{,}65$$

4) для визначення «Сумісності»:

$$D_{Cb} = \frac{(2-(\frac{3}{4}+\frac{2}{5}))}{2} = 0{,}43$$

5) для визначення «Супроводжу-ваності»:

$$D_{Mb} = \frac{(5-(\frac{4}{7}+\frac{2}{6}+\frac{3}{6}+\frac{2}{8}+\frac{3}{6}))}{5} = 0{,}57$$

6) для визначення «Можливості переносу»:

$$D_{Pb} = \frac{(3-(\frac{3}{11}+\frac{2}{4}+\frac{2}{3}))}{3} = 0{,}52$$

7) для визначення «Захищеності»:

$$D_{Scr} = \frac{(5-(\frac{4}{10}+\frac{3}{8}+\frac{1}{2}+\frac{1}{2}+\frac{1}{1}))}{5} = 0{,}45$$

8) для визначення «Зручності використання»:

$$D_{Ub} = \frac{(6-(\frac{3}{6}+\frac{3}{8}+\frac{5}{13}+\frac{2}{11}+\frac{3}{6}+\frac{1}{5}))}{6} = 0{,}64$$

Числова оцінка рівня достатності наявної у специфікації вимог інформації для визначення всіх нефункційних характеристик:

$$D = \\ = \frac{(8-(\frac{11}{30}+\frac{6}{15}+\frac{9}{26}+\frac{5}{9}+\frac{14}{33}+\frac{7}{18}+\frac{10}{23}+\frac{17}{49}))}{8} = \\ = 0{,}59$$

Отже, розроблений інтелектуальний агент надає висновок: «У аналізованій специфікації вимог до ПЗ недостатньо атрибутів для визначення всіх нефункційних характеристик. Рівень достатності наявної у специфікації вимог інформації для визначення «Надійності» становить 60%. Рівень достатності наявної у специфікації вимог інформації для визначення «Функційної придатності» становить 59%. Рівень достатності наявної у специфікації вимог інформації для визначення «Ефективності» становить 65%. Рівень достатності наявної у специфікації вимог інформації для визначення «Сумісності» становить 43%. Рівень достатності наявної у специфікації вимог інформації для визначення «Супроводжуваності» становить 57%. Рівень достатності наявної у специфікації вимог інформації для визначення «Можливості переносу» становить 52%. Рівень достатності наявної у специфікації вимог інформації для визначення «Захищеності» становить 45%. Рівень достатності наявної у специфікації вимог інформації для визначення «Зручності використання» становить 64%. Рівень достатності наявної у специфікації вимог інформації для визначення всіх нефункційних характеристик становить 59%. Є потреба доповнення цієї специфікації атрибутами, необхідними для обчислення всіх нефункційних характеристик».

Висновки

Проведений аналіз відомих інтелектуальних агентів на основі онтологічного

підходу показав, що вони не розв'язують задачу кількісного оцінювання інформації щодо нефункційних характеристик у специфікаціях вимог до ПЗ.

У статті розроблено метод діяльності інтелектуального агента на основі онтологічного підходу для оцінювання інформації щодо нефункційних характеристик у специфікаціях вимог до ПЗ, який дає можливість: сформувати висновок про достатність або недостатність інформації щодо нефункційних характеристик у специфікаціях вимог до реального ПЗ і про необхідність доповнення специфікації атрибутами; оцінити рівень достатності інформації у специфікації вимог до реального ПЗ для визначення кожної нефункційної характеристики ПЗ та для визначення всіх нефункційних характеристик.

Розроблено інтелектуальний агент, який працює на основі розробленого методу та здійснює оцінювання достатності інформації у специфікації вимог для визначення всіх нефункційних характеристик – надає висновок про достатність або не-достатність інформації; числову оцінку рівня достатності для визначення кожної нефункційної характеристики та всіх нефункційних характеристик; список атрибутів, якими варто доповнити специфікацію вимог для підвищення рівня достатності її інформації; візуалізацію прогалин у знаннях щодо всіх нефункційних характеристик.

Для проведення експерименту інтелектуальний агент використовував раніше розроблені онтології нефункційних характеристик. На предмет достатності оцінювалась інформація у специфікації вимог до реального ПЗ автоматизованої системи управління виробничими процесами ТОВ «Деймос». Під час експериментів інтелектуальним агентом було встановлено, що інформації у даній специфікації недостатньо для визначення всіх нефункційних характеристик, загальний рівень достатності інформації у специфікації для визначення всіх нефункційних характеристик склав 59%, тому рекомендовано доповнити цю специфікацію атрибутами, необхідними для обчислення нефункційних характеристик ПЗ (із наданням списку та візуалізацією відсутніх атрибутів).

References

1. *A Look at 25 Years of Software Projects. What Can We Learn?* (2017, January 7) Retrieved September 22, 2018, from website: https://speedandfunction.com/look-25-years-software-projects-can-learn/.
2. Assawamekin, N., Namfon, A., Sunetnanta, T., Pluempitiwiriyawej, C. (2010) Ontology-Based Multiperspective Requirements Traceability Framework. *Knowledge Information Systems*, 25 (3), 493-522. doi: 10.1007/s10115-009-0259-2. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/s10115-009-0259-2.
3. Bajnaid, N. O., Benlamri, R., Pakstas, A., Salekzamankhani, Sh. (2016) An Ontological Approach to Model Software Quality Assurance Knowledge Domain. *Lecture Notes on Software Engineering*, 4 (3), 193-198. doi: 10.18178/lnse.2016.4.3.249. [Online]. Available: https://pdfs.semanticscholar.org/bf3f/4cd2e94075db65bf51d3cf7c24afac1d023e.pdf.
4. Burov, E. (2014) Complex Ontology Management Using Task Models. *International Journal of Knowledge-Based and Intelligent Engineering Systems*, 18 (2), 111-120. doi: 10.3233/KES-140291. [Online]. Available: https://doi.org/10.3233/KES-140291.
5. Freitas, A., Bordini, R. H., Vieira, R. (2017) Model-Driven Engineering of Multi-Agent Systems Based on Ontologies. *Applied Ontology*, 12 (2), 157-188. doi: 10.3233/AO-170182. [Online]. Available: https://doi.org/10.3233/AO-170182.
6. Garcia-Magarino I., Gomez-Sanz, J. J. (2013) An Ontological and Agent-Oriented Modeling Approach for the Specification of Intelligent Ambient Assisted Living Systems for Parkinson Patients. *Hybrid Artificial Intelligent Systems*, 8073, 11-20. doi: 10.1007/978-3-642-40846-5_2. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-642-40846-5_2.
7. Hastie, S., Wojewoda, S. (.2015, October 4) *Standish Group 2015 Chaos Report – Q&A with Jennifer Lynch*. Retrieved September 22, 2018, from website: http://www.infoq.com/articles/standish-chaos-2015.
8. Hovorushchenko, T. (2018) Methodology of Evaluating the Sufficiency of Information for Software Quality Assessment According to ISO 25010. *Journal of Information and Organizational Sciences*, 42 (1), 63-85. doi: 10.31341/jios.42.1.4. [Online]. Available: http://doi.org/10.31341/jios.42.1.4.
9. Hovorushchenko, T., Pomorova, O. (2018) Information Technology of Evaluating the Sufficiency of Information on Quality in the Software Requirements Specifications. *CEUR-WS*, 2104, 555-570. [Online]. Available: http://ceur-ws.org/Vol-2104/paper_228.pdf.
10. ISO/IEC TR 19759:2015. Software Engineering. Guide to the software engineering body of knowledge (SWEBOK). October 2015.
11. ISO/IEC 25010:2011. Systems and Software Engineering. Systems and Software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE). System and Software Quality Models. March 2011.
12. ISO 25023:2016. Systems and Software Engineering. Systems and Software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE). Measurement of System and Software Product Quality. March 2016.
13. Jin, D., Cordy, J. R. (2005) Ontology-Based Software Analysis and Reengineering Tool Integration: *The OASIS Service-Sharing Methodology. Proceedings of*

the 21-st IEEE International Conference on Software Maintenance, 613-616. doi: 10.1109/ICSM.2005.68. [Online]. Available: https://doi.org/10.1109/ICSM.2005.68.

14. Leonid, K., Gacitua, R., Rouncefield, M., Sawyer, P. (2010) Ontology and Model Alignment as a Means for Requirements Validation. *Proceedings of the 4-th IEEE International Conference on Semantic Computing*, 46-51. doi: 10.1109/ICSC.2010.95. [Online]. Available: https://doi.org/10.1109/ICSC.2010.95.
15. Lezcano-Rodriguez, L. A., Guzman-Luna, J. A. (2016) Ontological Characterization of Basics of KAOS Chart from Natural Language. *Revista Iteckne*, 13, (2), 157-168. doi: 10.4018/978-1-59904-289-3.ch002. [Online]. Available: https://doi.org/10.4018/978-1-59904-289-3.ch002.
16. McConnell, S. (2013) Code Complete. Microsoft Press.
17. Ossowska, K., Szewc, L., Weichbroth, P., Garnik, I., Sikorski, M. (2017) Exploring an Ontological Approach for User Requirements Elicitation in the Design of Online Virtual Agents. *Information Systems: Development, Research, Applications, Education*, 264, 40-55. doi: 10.1007/978-3-319-46642-2. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-319-46642-2.
18. Rakib, A., Faruqui, R. U. (2013) A Formal Approach to Modelling and Verifying Resource-Bounded Context-Aware Agents. *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences Social Informatics and Telecommunications Engineering*, 109, 86-96. doi: 10.1007/978-3-642-36642-0_9. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-642-36642-0_9.
19. Wooldridge, M., Jennings, N. R. (1995) Intelligent Agents – Theory and Practice. *Knowledge Engineering Review*, 10 (2), 115-152. doi: 10.1.1.119.2204. [Online]. Available: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.119.2204.
20. Wilk, S., Michalowski, W., O'Sullivan, D., Farion, K., Sayyad-Shirabad, J., Kuziemsky, C., Kukawka, B. (2013) A Task-Based Support Architecture for Developing Point-of-Care Clinical Decision Support Systems for the Emergency Department. *Methods of Information in Medicine*, 52 (1), 18-32. doi: 10.3414/ME11-01-0099. [Online]. Available: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23232759.
21. Zhang, Y. G., Witte, R., Rilling, J., Haarslev, V. (2008) Ontological Approach for the Semantic Recovery of Traceability Links Between Software Artefacts. *IET Software*, 2 (3), 185-203. doi: 10.1049/iet-sen:20070062. [Online]. Available: http://dx.doi.org/10.1049/iet-sen:20070062.

RESUME

O.O. Pavlova, T.O. Hovorushchenko, O.V. Ivanov

The Action of the Intelligent Agent for Evaluating the Information in the Software Requirements Specifications

The conducted analysis of the known ontology-based intelligent agents has shown that they don't solve the task of quantitative evaluating the information in the software requirements specifications (SRS). So, the task of this study is the development of the ontology-based intelligent agent for evaluating the information about non-functional characteristics in the SRS.

In the paper, the method of action of the ontology-based intelligent agent for evaluating the information about non-functional characteristics in the SRS are developed. On the basis of this method, the intelligent agent is realized.

This ontology-based intelligent agent provides: the conclusion about the sufficiency or insufficiency of information about non-functional characteristics in the SRS for the real software; numerical evaluation of the level of sufficiency of the information in the real SRS for determining each non-functional characteristics and for determining the all non-functional characteristics of the software; the list of attributes, which should be supplemented in the SRS for increasing the level of its information sufficiency; the visualization of the gaps in knowledge about all non-functional characteristics in the real software requirements specifications.

During the experiments, the ontology-based intelligent agent evaluated informayion in the SRS for the real software of the automated system of production processes management for Deymos Ltd – the total level of the sufficiency of information in the SRS for determining all non-functional characteristics is 59%. So, it was recommended to supplement this specification with the attributes, which are necessary for the determining the non-functional characteristics (with providing the list and visualization of missing attributes).

Надійшла до редакції 24.09.2018